**Espacenet****Bibliographic data: DE4201944 (A1) — 1992-08-20**

FLUESSIGKEITSHEIZEINRICHTUNG

**Inventor(s):** KAMIYAMA TOSHIHISA [JP]; KAWAGUCHI MASANORI [JP]; TAKEHARA TETSUO [JP] ±**Applicant(s):** ASAHI GLASS CO LTD [JP] ±**Classification:**  
- **international:** F24H1/14; (IPC1-7): F24H1/00;  
- **European:** F24H9/20  
E24H1/14B**Application number:** DE19924201944 19920124**Priority number (s):** JP19910022654 19910124**Also published as:** DE4201944 (C2) US5271086 (A)

Abstract not available for DE4201944 (A1)

Last updated: 5.12.2011 Worldwide Database 5.7.31; 93p

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 42 01 944 A 1

⑯ Int. Cl. 5:

F 24 H 1/00

F 24 H 9/20

DE 42 01 944 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 42 01 944.3  
⑯ Anmeldetag: 24. 1. 92  
⑯ Offenlegungstag: 20. 8. 92

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

24.01.91 JP P 22654/91

⑯ Anmelder:

Asahi Glass Co. Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑯ Vertreter:

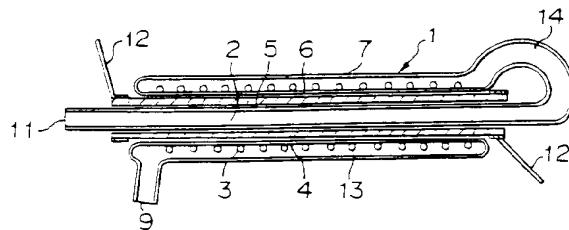
Wächtershäuser, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anw., 8000 München

⑯ Erfinder:

Kamiyama, Toshihisa, Tokio/Tokyo, JP; Kawaguchi,  
Masanori, Takasago, Hyogo, JP; Takehara, Tetsuo,  
Tokio/Tokyo, JP

### ⑯ Flüssigkeitsheizeinrichtung

⑯ Die beschriebene Flüssigkeitsheizeinrichtung 1 besitzt einen Strömungspfad 2, der durch eine Quarzglasröhre 5 innerhalb einer rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4, die Infrarotstrahlen aussendet und PTC-Eigenschaften besitzt, umgeben ist, sowie einen Strömungspfad 3, der zwischen zwei Quarzglasröhren 6, 7 ausgebildet ist, die koaxial außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 angeordnet sind. Die Flüssigkeitsheizeinrichtung kann wirksam gereinigtes Wasser aufheizen, das bei der Herstellung von elektronikbezogenen Produkten eingesetzt wird, ohne daß gereinigte Wasser zu kontaminieren, und besitzt kompakte Größe bei hoher Heizleistung.



DE 42 01 944 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Flüssigkeitsheizeinrichtung zum kontinuierlichen Erwärmen von zu erhitzender Flüssigkeit wie etwa gereinigtem Wasser, wobei die Aufheizung ohne Verunreinigungen hervorzurufen und mit hohem Wirkungsgrad erfolgt und wobei die Flüssigkeitsheizeinrichtung selbst bei Hochlastbetrieb kompakt ausgebildet sein kann.

In verschiedenen industriellen Gebieten bestehen Forderungen nach einer Flüssigkeitsheizeinrichtung, die eine Erwärmung einer aufzuheizenden Flüssigkeit mit hohem thermischen Wirkungsgrad und ohne Verursachung einer Kontamination aufgrund von Verunreinigungen, die aus der Wand eines Flüssigkeitsströmungspfads herausgelöst werden, und kleinen Partikeln oder Staub ermöglicht und die selbst bei Hochlastbetrieb kompakt ausgebildet sein kann sowie wirtschaftlich ist.

Als Flüssigkeitsheizeinrichtungen in Form von herkömmlichen elektrischen Widerstandsheizungen sind verschiedene Arten wie etwa ein stabförmiger Heizer, ein plattenförmiger Heizer und ein Heizer mit umhüllter Spule, die in die aufzuheizende Flüssigkeit eingetaucht sind, und eine Heizerart bekannt, bei der der Heizer in die Wand des Flüssigkeitsbades eingebettet ist.

Beispielsweise befindet sich unter der Gattung der eingetauchten Heizer eine Art, bei der ein Nichrom-Draht in einer Quarz-Glasröhre eingeschlossen ist. Vor kurzem wurde eine Ausgestaltung mit positiver elektrischer Widerstand-Temperaturkoeffizienten-Charakteristik (PTC- bzw. Kaltleitercharakteristik) vorgeschlagen, bei der Flüssigkeit durch einen wabenförmigen keramischen Heizer hindurchgeführt wird, sowie ein Typ vorgeschlagen, bei dem ein Strömungspfad für die zu erwärmende Flüssigkeit sich in enger Berührung mit einem plattenförmigen elektrischen Heizer befindet.

Beispielsweise ist in der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung Nr. 2 04 744/1982 eine elektrische Heizeinrichtung für Wasser offenbart, die ein zylindrisches Heizelement aufweist, das durch Gasphasenabscheidung eines Widerstandsheizmaterials auf der inneren und der äußeren Oberfläche eines rohrförmigen keramischen Substrats und durch Beschichten des Widerstandsheizmaterials mit einem dünnen isolierenden keramischen Blatt für die Benutzung der inneren und der äußeren Oberfläche des rohrförmigen Heizelements hergestellt ist, und bei dem Wasser eingeführt wird, derart, daß eine spirale Strömung in einem an der Außenseite des rohrförmigen Heizelements gebildeten Strömungspfad erzeugt wird, wodurch die Wärmetauschaus-Wirksamkeit bzw. der Wärmetauscherwirkungsgrad erhöht und die Temperaturverteilung des Heizelements vergleichmäßig wird. Wenn die zu erhitzende Flüssigkeit eine elektrisch leitende Flüssigkeit wie etwa Wasser oder eine Elektrolyt-Lösung ist, sollten die Wände des Strömungspfads der zu erwärmenden Flüssigkeit mit einem Isoliermaterial ausgekleidet sein, so daß die Flüssigkeit gegenüber dem Heizer isoliert ist.

In der japanischen ungeprüften Patentveröffentlichung Nr. 98 854/1989 ist ein elektrischer Sofort-Wasserheizer mit drei koaxial angeordneten zylindrischen Röhren offenbart, die von innen nach außen gezählt bzw. gesehen einen ersten, einen zweiten und einen dritten Raum bilden. Im zweiten Raum mit zylindrischer Gestalt wird ein Lichtbogenplasma erzeugt und die Hitze des Lichtbogenplasmas auf Wasser übertragen, das im ersten und dritten Raum fließt. Obwohl sich in dieser Veröffentlichung keine Erwärmung bezüglich des Ma-

terials dieser Röhren befindet, ist anzunehmen, daß das Material der beiden Röhren, das an der Innenseite zur Erzeugung des Lichtbogenplasmas angeordnet ist, ein elektrisch leitendes Material ist.

Seit kurzem besteht ein Trend zur Benutzung von gereinigtem, chemisch und physikalisch raffiniertem bzw. aufbereitetem Wasser anstelle von bislang verwendeten Mitteln ("flons") zum Waschen von Zwischenprodukten elektronischer Geräte bzw. Elemente wie etwa Halbleiterbauelementen, und es besteht ein wachsendes Bedürfnis nach einer Flüssigkeitsheizeinrichtung, die zur Aufheizung von gereinigtem Wasser ohne Kontaminationsverursachung fähig ist.

Bei einer herkömmlichen Flüssigkeitseinrichtung mit einem stab- oder drahtförmigen Heizelement besteht allerdings der Nachteil, daß der Heizwert beschränkt ist, da es schwierig ist, einen ausreichenden Wärmeübertragungs-Oberflächenbereich zwischen der Flüssigkeit und dem Heizelement zu erzielen. Um einen ausreichenden Wärmeübertragungs-Oberflächenbereich zu erhalten, muß eine Mehrzahl von Heizern oder ein langer Heizer eingesetzt werden, wodurch es schwierig wird, die Gesamtgröße der Flüssigkeitsheizeinrichtung mit hohem Heizwert kompakt auszustalten.

Bei Einsatz eines herkömmlichen plattenförmigen Heizers geringer Größe ist es schwierig, den Heizwert des Heizers zu erhöhen, so daß es dementsprechend schwierig ist, eine kompakte Flüssigkeitsheizeinrichtung mit hohem Heizwert zu realisieren.

Weiterhin besteht bei Einsatz eines wabenförmigen keramischen Heizers der Nachteil, daß die thermische Wirksamkeit bzw. der thermische Wirkungsgrad um einen Betrag gering bzw. verringert wird, der der Wärmeaufzehrung am Umfang des wabenförmigen keramischen Heizers entspricht.

Weiterhin tritt das Problem elektrischer Leckage bzw. elektrischer Leckströme auf, wenn eine elektrisch leitende Flüssigkeit wie etwa Wasser oder eine Elektrolyt-Lösung aufzuheizen ist. Diesbezüglich ist die Maßnahme möglich, isolierende Röhren in die Durchgangslöcher im wabenförmigen keramischen Heizer einzusetzen, um die Flüssigkeit gegenüber dem Heizer zu isolieren. Allerdings besitzt der wabenförmige Heizer eine Mehrzahl von Durchgangslöchern, in die die isolierenden Röhren einzusetzen sind, und es ist unausweichlich, die große Anzahl von Röhren an beiden Röhrenenden miteinander zu verbinden. Demgemäß bereitet die Durchführung der Verbindung Mühe und großen Arbeitseinsatz, so daß es nicht möglich ist, eine Flüssigkeitsheizeinrichtung mit verringerten Kosten herzustellen.

Zudem besteht wie im Fall der Aufheizung von hochreinem Wasser ein starkes Bedürfnis nach einer Flüssigkeitsheizeinrichtung, die zur Aufheizung von gereinigtem Wasser ohne Hervorrufung von Kontamination fähig ist. Wenn jedoch ein herkömmlicher Tauchheizer verwendet wird, wird das Gesamtvolumen einer Flüssigkeitsheizeinrichtung zu groß, um die Temperatur einer beträchtlichen Wassermenge in einem Wasserbad bei einer vorbestimmten Temperatur zu halten. Weiterhin erfordert es hierbei lange Vorlaufzeit, um gereinigtes Wasser mit einer vorbestimmten Temperatur zu erhalten, und es ist auch die thermische Wirksamkeit bzw. der thermische Wirkungsgrad nicht gut. Daher besteht ein starkes Bedürfnis nach einer Flüssigkeitsheizeinrichtung, die zur Aufheizung reinen Wassers ohne Kontaminationsverursachung fähig ist, guten thermischen Wirkungsgrad besitzt, kompakte Gestaltung mit

hoher Belastungskapazität hat, einfach handhabbar ist und zu wirtschaftlichen Kosten bereitstellbar ist.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile der herkömmlichen Technik zu eliminieren und eine Flüssigkeitsheizeinrichtung bereitzustellen, die selbst bei hoher Belastungskapazität bzw. hoher Leistung kompakt ist, hohe thermische Wirksamkeit bzw. hohen thermischen Wirkungsgrad besitzt, weniger Vorlaufzeit erfordert, wirtschaftlich und leicht verwendbar ist.

In Übereinstimmung mit vorliegender Erfindung wird eine Flüssigkeitsheizeinrichtung geschaffen, die eine nach dem elektrischen Widerstandsheizprinzip arbeitende keramische Heizeinrichtung mit einem ersten und zweiten, jeweils röhrenförmigen Strömungspfad für die Strömung der aufzuheizenden Flüssigkeit aufweist, wobei die beiden Strömungspfade nahe der Innenseite bzw. der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung ausgebildet sind und der erste Strömungspfad für die Flüssigkeit durch eine erste, koaxial innerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordnete Quarz-Glasröhre umgeben ist sowie der zweite Strömungspfad für die Flüssigkeit zwischen einer zweiten und einer dritten Quarz-Glasröhre ausgebildet ist, die koaxial außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordnet sind.

Bei vorliegender Erfindung wird ein Quarzglas eingesetzt, wie es durch Schmelzen von Quarzkristallen hoher Reinheit für die Erzeugung von Glas erhalten wird, oder es wird Silicaglas verwendet, das aus reinem, durch Hydrolyse-Reaktion von Siliciumtetrachlorid ( $SiCl_4$ ) oder dergleichen erhaltenem Silica hergestellt ist.

Da bei der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung die Strömungspfade für die aufzuheizende Flüssigkeit nahe der Innenseite und der Außenseite der keramischen Heizeinrichtung in Form eines elektrischen Widerstandsheizers mit röhrenförmiger Gestalt gebildet sind, werden die innere und die äußere Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung als Wärmeübertragungs-Oberflächen benutzt, so daß ein großer Wärmeübertragungs-Oberflächenbereich erhalten werden kann. Weiterhin kann eine ausgezeichnete Wärmeübertragung erzielt werden, da die Wärmeübertragung zur aufzuheizenden Flüssigkeit durch effektive Heranziehung sowohl einer Wärmeleitung durch die Wandung der Quarzglasröhre als auch einer Strahlungswärmeübertragung durch die Wandung der Quarzglasröhre aufgrund der Wärmeabstrahlung der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung ausgenutzt wird. Zusätzlich kann nahezu die gesamte erzeugte Wärme von der inneren und der äußeren Oberfläche der Heizeinrichtung auf die zu erhitze Flüssigkeit übertragen werden, da der Wärmeerzeugungsabschnitt der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung nahezu vollständig durch die Strömungspfade für die aufzuheizende Flüssigkeit umgeben ist, so daß ein exzenter Wirkungsgrad erzielbar ist.

Da die erfindungsgemäße Flüssigkeitsheizeinrichtung einen derartigen Aufbau hat, daß die innere und äußere Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung durch das Quarzglas gegenüber der aufzuheizenden Flüssigkeit isoliert sind, kann diese selbst dann benutzt werden, wenn eine elektrisch leitende Flüssigkeit wie etwa Wasser oder eine Wasserlösung zu erwärmen ist.

Weiterhin sind die Flüssigkeitsströmungspfade bei der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung vollständig aus Quarzglas gebildet, das gegenüber kor-

rodierender bzw. ätzender Flüssigkeit mit Ausnahme von Flußsäure beständig ist. Ferner ist Quarzglas ein Material, das keine Kontamination der Flüssigkeit mit Verunreinigungen und kleinen Partikeln hervorruft. Zudem ist handelsübliches Quarzglas mit hoher Reinheit leicht erhältlich. Demgemäß ist es möglich, eine Flüssigkeitsheizeinrichtung mit verhältnismäßig niedrigen Kosten bereitzustellen, die zur Aufheizung ultrahochreinen Wassers, wie es für die Herstellung von Halbleitern eingesetzt wird, geeignet und auch zur Aufheizung von ultrahochreinem Wasser ohne Kontamination fähig ist.

Das Quarzglas ist gegenüber Korrosion durch Säure beständig. Demgemäß kann der Strömungspfad selbst bei Kontaminierung durch Waschen mit Säure regeneriert werden. Darüber hinaus besitzt das Quarzglas ausreichende Hitzebeständigkeit, wie sie für ein in der Nähe der keramischen Heizeinrichtung der Flüssigkeitsheizeinrichtung angeordnetes Material gefordert ist, und hat einen extrem kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, so daß es nicht zerbrechen bzw. zerpringen kann, selbst wenn es im Einsatz einer raschen Aufheizung oder Kühlung unterzogen wird. Weiterhin kann eine große Menge der von der keramischen Heizeinrichtung ausgesandten Strahlung effektiv für die Wärmeübertragung eingesetzt werden, da es Infrarotschalen durchlassen kann, wodurch das Quarzglas insbesondere bei der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung als Wandmaterial für die Strömungspfade geeignet ist, das benachbart zur keramischen Heizeinrichtung als Heizquelle eingesetzt wird.

Allerdings tendiert das Quarzglas zur Entglasung (Kristallisierung) unter entsprechender Veränderung seiner Eigenschaften, wenn es für lange Zeit auf 700°C oder mehr aufgeheizt wird. Dementsprechend sollte die Betriebstemperatur nicht so hoch sein. Wenn Entglasung aufgetreten ist, werden kleine Partikel abgegeben, wodurch eine Kontamination der aufzuheizenden Flüssigkeit bewirkt wird. Demgemäß ist es vorzuziehen, daß die Betriebstemperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung bei ungefähr 600°C oder niedriger gehalten wird.

Als möglicherweise für die Wände der Strömungspfade mit Ausnahme des Quarzglases verwendetes Material sind Fluorkunststoffe wie etwa Polytetrafluorethylen (PTFE) und hitzebeständige Gläser wie etwa Borsilikatglas zu nennen. Allerdings ist es unvermeidlich, daß ein kleiner Anteil an organischem Material aus dem PTFE in das geheizte gereinigte Wasser austritt und gleichzeitig kleine Partikel abgegeben werden. Demgemäß ist PTFE für die Zwecke der Aufheizung gereinigten Wassers ungeeignet.

Da weiterhin die Wärmebeständigkeitseigenschaften von PTFE bis zu nur 300°C reicht und die thermische Leitfähigkeit nicht so gut ist, ist es schwierig, die Temperatur der in der Nähe der Strömungspfade angeordneten rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zu erhöhen. Daher kann eine Flüssigkeitsheizeinrichtung, die ohne Kontaminierung der aufzuheizenden Flüssigkeit betreibbar ist und kompakte Größe sowie hohen Heizwert besitzt, nicht realisiert werden, solange PTFE als ein Wandmaterial für die Strömungspfade eingesetzt wird.

Wenn Borsilikatglas, dessen Hitzebeständigkeit bis zu nur ungefähr 600°C reicht, als Wandmaterial für den Strömungspfad der aufzuheizenden Flüssigkeit eingesetzt wird, ist die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung auf niedrige Werte beschränkt. Da weiterhin der als klein bezeichnete thermische Aus-

dehnungskoeffizient von Borsilikatglas weitaus größer als der von Quarzglas ist, kann ein thermischer Beanspruchungsbruch auftreten, wenn es rasch aufgeheizt oder gekühlt wird. Weiterhin kann, obwohl Borsilikatglas relativ gute Korrosionsbeständigkeit besitzt, die Abgabe einer kleinen Menge von Verunreinigungen und kleiner Partikel bei hoher Temperatur der aufzuheizenden Flüssigkeit nicht verhindert werden. Dementsprechend kann es mit Ausnahme einer beschränkten Verwendung, bei der kleine Mengen von Verunreinigungen und kleinen Partikeln erlaubt sind, nicht verwendet werden.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung ist das Material der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung aus Silicium und einem Metalloxid, das Aluminium-oxid und Silica als Hauptkomponenten enthält, zusammen gesetzt, wobei der Anteil freien Siliciums im Material in einem Bereich von 5 bis 50 Gewichtsprozent liegt.

Da das Material der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung freies Silicium und das Metalloxid als Hauptkomponenten mit einem Anteil des freien Siliciums von 5 bis 50 Gewichtsprozent enthält, nimmt der elektrische Widerstand des Materials der keramischen Heizeinrichtung einen positiven Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstands an, wodurch es möglich wird, die Heizeinrichtung bis auf ungefähr 600°C aufzuheizen, wohingegen eine herkömmliche Heizeinrichtung, die aus Bariumtitanat-PTC-Material (Keramik, deren Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstands eine positive Zahl ist) besteht, aufgrund seiner PTC-Eigenschaften nicht auf über 300°C erhitzt werden kann. Da das Silicium und das Metalloxid enthaltende Material darüber hinaus ein Heizelement bildet, dessen elektrischer Widerstandstemperaturkoeffizient eine positive Zahl ist, wächst der elektrische Widerstand bei Temperaturerhöhung an, wodurch die Gefahr einer Überhitzung des Heizers beseitigt ist. Dementsprechend ist eine Flüssigkeitsheizeinrichtung erzielbar, die eine einfache Temperatursteuerung erlaubt.

Der Gehalt an freiem Silicium bestimmt die elektrischen Widerstandseigenschaften der keramischen Heizeinrichtung. Demgemäß liegt der metallische Siliciumgehalt vorzugsweise in einem Bereich von 5 bis 50 Gewichtsprozent, um eine keramische Heizeinrichtung mit einer einfach benutzbaren elektrischen Widerstandskarakteristik zu erhalten.

Die keramische Heizeinrichtung mit dem zuvor genannten Siliciumgehalt strahlt eine große Menge an Infrarotstrahlung einschließlich Strahlung im fernen Infrarot ab, die durch eine einen Flüssigkeitsströmungspfad umgebende Quarzglaswandung hindurchtreten kann und durch Wasser oder eine Wasserlösung absorbiert wird. Dementsprechend kann die Wärmestrahlung effektiv für die Wärmeübertragung herangezogen werden, wenn Wasser oder eine Wasserlösung bzw. eine wässrige Lösung aufzuheizen ist, und es kann durch Einsatz von Quarzglas als Wandmaterial für den Strömungspfad eine Flüssigkeitsheizeinrichtung mit ausgezeichnetner Heizwirkung erzielt werden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung sind der außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung gebildete Strömungspfad und der Strömungspfad innerhalb derselben mittels eines Verbindungsrohrs in Reihe geschaltet. Ein derartiger Aufbau, bei dem der innere und der äußere Strömungspfad in Reihe verbunden sind, kann den möglichen Temperaturbereich der aufzuheizenden Flüssigkeit erweitern.

Im Falle des Waschens von Siliciumwafern oder Magnetplattensubstraten wird eine Temperatur des gereinigten Wassers von 80°C als wünschenswert angesehen, um die Artikel nach dem Waschen rasch zum Trocknen schlüsszubearbeiten bzw. zu trocknen. Wenn eine Mehrzahl von Flüssigkeitsheizeinrichtungen in Reihe geschaltet ist, ist es einfach, das gereinigte Wasser auf eine solche Temperatur aufzuheizen. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel kann eine Flüssigkeitsheizeinrichtung bereitgestellt werden, die einfach anzuwenden ist und einen breiten Einsatzbereich besitzt.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel vorliegender Erfindung wird die Temperatur der aufzuheizenden Flüssigkeit durch Steuerung der elektrischen Leistung derart geregelt, daß die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung auf der Basis eines Temperatursignals eines an der Einlaßöffnung der Flüssigkeit angeordneten Temperatursensors, eines Temperatursignals eines an der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angebrachten Temperatursensors und eines Durchflußratensignals eines an einem Einlaßrohr bzw. -schlauch für die der Flüssigkeitsheizeinrichtung zuzuführende Flüssigkeit angeordneten Durchflußsensors bzw. Strömungssensors auf einer vorbestimmten Temperatur gehalten wird. Da der zweite Temperatursensor an der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angebracht ist, wird die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung direkt erfaßt, wodurch die Temperatur der Heizeinrichtung direkt gesteuert werden kann.

Die Temperatursteuerung der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung auf eine vorbestimmte Temperatur unter Berücksichtigung der Strömungsrate der aufzuheizenden Flüssigkeit und der Temperatur der Flüssigkeit an der Einlaßöffnung wird in folgender Weise durchgeführt. Die Klammertemperaturen bzw. Solltemperaturen (hold-on-temperatures) der aufzuheizenden rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung werden zuvor als Daten, beispielsweise über Versuche, auf der Grundlage der Temperatur der Flüssigkeit an der Einlaßöffnung und den Strömungsraten bzw. Durchflußraten der Flüssigkeit sowie der Temperaturen der aufzuheizenden Flüssigkeit gesammelt, und es wird die Klammertemperatur bzw. Solltemperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zur Erzielung einer gewünschten Flüssigkeitstemperatur auf der Grundlage der derart erhaltenen Daten bestimmt, wodurch die Temperatur der von der Flüssigkeitsheizeinrichtung abgegebenen Flüssigkeit rasch auf eine gewünschte Temperatur bzw. Solltemperatur gesteuert werden kann.

Es gibt verschiedene Wege der Steuerung der Temperatur der Flüssigkeit an der Auslaßöffnung der Flüssigkeitsheizeinrichtung, da einige Parameter vorhanden sind. Obwohl einige von den jeweils ergriffenen Wegen abhängende Phänomene bzw. Erscheinungen dahingehend existieren, daß eine gewisse Zeit benötigt wird, in der die Temperatur der Flüssigkeit an der Auslaßöffnung auf die gewünschte Temperatur konvergiert sowie die Temperatur der Flüssigkeit an der Auslaßöffnung aufgrund einer Veränderung eines der Parameter oszillierend schwankt, können derartige Phänomene durch direkte Steuerung der Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung beseitigt werden.

Die Temperatursteuerung wird vorzugsweise unter Einsatz eines Mikrocomputers ausgeführt. Beispielsweise werden Daten über die den Strömungs- oder Durchflußraten entsprechenden Temperaturen der rohrförmigen

gen keramischen Heizeinrichtung, über die Temperaturen am Einlaß der aufzuheizenden Flüssigkeit und über die Temperaturen der aufgeheizten Flüssigkeit vorab in dem Speicher des Mikrocomputers gespeichert und die anzulegende elektrische Spannung bzw. Strom derart gesteuert, daß die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zu einer vorbestimmten, auf der Basis der gesammelten Daten bestimmten Temperaturen wird, wodurch die Ausströmungstemperatur der Flüssigkeit an der Auslaßöffnung rasch auf die gewünschte Temperatur eingestellt werden kann.

Wenn diese Daten nicht zuvor gesammelt wurden, kann die Temperatur der aus der Flüssigkeitsheizeinrichtung austretenden Flüssigkeit überwacht werden, so daß die Temperatur der aufgeheizten Flüssigkeit auf eine Solltemperatur gesteuert wird, wobei allerdings dieses Verfahren eine gewisse Vorlauf- oder Vorhaltezeit erfordert.

Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung ist eine aus einer hohlen Quarzglasröhre bzw. einem hohlen Quarzglasrohr geformte Kernröhre in einen durch eine erste, innerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordnete Quarzglasröhre gebildeten Strömungspfad eingebbracht und es ist am Umfang der Kernröhre bzw. des Kernrohrs an einer Position nahe ihres stromaufseitigen Endes des Strömungspfades für die aufzuheizende Flüssigkeit ein Lauf- oder Flügelrad befestigt, wobei jedes freie Ende der Blätter bzw. Schaufeln des Lauf- oder Flügelrads sich in Berührung mit der inneren Wandoberfläche der ersten Quarzglasröhre befindet, so daß die Kernröhre bzw. das Kernrohr koaxial innerhalb der ersten Quarzglasröhre angeordnet ist.

Die Einfügung der aus der hohlen Quarzglasröhre bestehenden Kernröhre in die erste Quarzglasröhre ermöglicht eine Vergrößerung des äußeren Durchmessers des in der ersten Quarzglasröhre gebildeten Strömungspfads, so daß der Wärmeübertragungs-Oberflächenbereich vergrößert werden kann, um die Querschnittsfläche des Strömungspfads der aufzuheizenden Flüssigkeit zu verringern, während die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit erhöht werden kann. Zusätzlich führt die Einfügung des an der Kernröhre befestigten Flügelrads zu einer Umlenkung der Flüssigkeitsströmung in eine spiralförmige Strömung, so daß die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit noch weiter erhöht werden kann. Dementsprechend kann die Strömungsgeschwindigkeit der den Strömungspfad passierenden Flüssigkeit leicht auf mehr als 3000 in der Reynolds-Zahl vergrößert werden, wodurch eine turbulente Strömung hervorgerufen wird, und die Wärmeübertragungsfunktion kann progressiv erhöht bzw. verbessert werden.

Da das Flügelrad die Kernröhre im Zentrum der ersten Quarzglasröhre fixiert bzw. festhält, kann die Kernröhre ohne Ablenkung aufgrund der im Strömungspfad fließenden Flüssigkeit gehalten, die Dicke bzw. Breite des zwischen dem ersten Quarzglas bzw. der ersten Quarzglasröhre und der Kernröhre gebildeten Strömungspfads für die aufzuheizende Flüssigkeit gleichmäßig aufrechterhalten und die Wärmeübertragung von der inneren Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung gleichmäßig und effektiv durchgeführt werden.

Vorzugsweise ist das stromaufseitige Ende der Kernröhre semi-sphärisch oder halbkugelförmig oder stromlinienförmig ausgebildet, so daß die aufzuheizende Flüssigkeit gleichmäßig strömen kann und der Strömungs-

widerstand nicht groß wird.

Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung liegen die Abstände zwischen den Oberflächen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und beiden Oberflächen der ersten und zweiten, nahe den Oberflächen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordneten Quarzglasröhren bei 1,2 mm oder weniger. Zwischen den Oberflächen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und den Oberflächen der ersten und der zweiten Quarzglasröhre befinden sich folglich Spalte bzw. Zwischenräume, die normalerweise Luftsichten bilden. Die Dicke der Luftsichten ist vorzugsweise 1,2 mm oder weniger, da die Wärmeübertragung um so besser ist, je dünner die Luftsichten sind.

Obwohl die Dicke der Luftsichten durch Erhöhung der Rundheit der inneren und äußeren Umfangsoberflächen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und der Rundheit der Wand des Strömungspfads für die aufzuheizende Flüssigkeit, d. h. der Quarzglasröhre, bis auf 0,1 mm verringert werden kann, liegt die Dicke der Luftsichten vorzugsweise in einem Bereich von 0,3 mm bis 1,0 mm unter Berücksichtigung des für die Bearbeitung der Materialien benötigten Arbeitsaufwands. Es ist möglich, die Wärmeübertragungs-Balance von der Innenseite und der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung durch Einstellung der Dicke der Luftsichten einzustellen. Die thermische Leitfähigkeit der Luftsichten ist gering. Dementsprechend kann die Wärmeübertragung weiter verbessert werden, wenn Überlegungen zur Verbesserung der Wärmeübertragungsfunktion dieser Schichten ange stellt werden. Beispielsweise ist es ein effektiver Weg, die Flüssigkeitsheizeinrichtung in einen mit Heliumgas gefüllten Behälter einzubringen und die Luftsichten durch Heliumgasschichten zu ersetzen.

Bei Aufheizung einer einzigen Art von Flüssigkeit ist es bevorzugt, die Flüssigkeitspfade, die an der Innenseite und der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordnet sind, mittels einer Verbindungsrohre in Serie bzw. Reihe zu verbinden, da eine große Wärmeübertragungsfähigkeit durch Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit in den Strömungspfaden erzielbar ist, wodurch es einfach ist, die aufzuheizende Flüssigkeit auf eine hohe Temperatur zu erwärmen.

Weiterhin kann die Temperatur des Außenbereichs der Flüssigkeitsheizeinrichtung auf niedrigem Pegel gehalten und geringe Wärmeverluste der Flüssigkeitsheizeinrichtung erzielt werden, wenn die aufzuheizende Flüssigkeit mit niedriger Temperatur zunächst dem Strömungspfad außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zugeführt wird und danach die auf erhöhte Temperatur erwärmte Flüssigkeit in den Strömungspfad innerhalb der Heizeinrichtung geführt wird, wodurch der thermische Wirkungsgrad erhöht werden kann.

Es ist selbstverständlich eine effektive Möglichkeit, die Außenseite der dritten Quarzglasröhre mit einem isolierenden Material zu bedecken bzw. beschichten.

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung sind Abstandshalter zwischen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und der ersten oder der zweiten Quarzglasröhre an Positionen nahe den beiden Enden der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordnet, und es ist die Länge in Axialrichtung des Wär-

meerzeugungsabschnitts der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung kürzer als die Länge des außenseitigen Strömungspfads für die Flüssigkeit in derselben Richtung, wobei der Wärmeerzeugungsabschnitt der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung vollständig durch die Strömungspfade der aufzuheizenden Flüssigkeit umgeben ist und die Abstandshalter sich nicht mit dem Wärmeerzeugungsabschnitt der Heizeinrichtung überlappen.

Elektrodenbereiche an beiden Enden der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung sind derart ausgebildet, daß ihr elektrischer Widerstand kleiner als der des Wärmeerzeugungsabschnitts ist. Beispielsweise ist Silicium in die Elektrodenbereiche imprägniert bzw. eingebracht oder es ist Aluminium auf die Oberfläche der Elektrodenbereiche flammgespritzt bzw. thermisch gespritzt, um die Wärmeerzeugung zu minimieren. Mit den Elektrodenbereichen sind Zuführungsdrähte verbunden, um Strom bzw. Spannung von einer Strom- bzw. Spannungsquelle zuzuführen.

Bei dem vorstehend beschriebenen Aufbau, bei dem nahezu der gesamte Wärmeerzeugungsabschnitt der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung durch die mittels der Quarzglasröhren gebildeten Strömungspfade für die aufzuheizende Flüssigkeit umgeben ist und die Abstandshalter derart angeordnet sind, daß sie nicht mit dem Wärmeerzeugungsabschnitt der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung überlappen, kann eine aus isolierenden Eigenschaften der Abstandhalter resultierende Überhitzung der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung verhindert werden, wodurch die Beständigkeit bzw. Lebensdauer der Heizeinrichtung sichergestellt ist und Wärmeverluste von dem überheizten Bereich vermieden werden können.

Für die Abstandhalter wird vorzugsweise ein Streifen oder ein Band mit Hitzebeständigkeit und elektrischen Isoliereigenschaften verwendet, der bzw. das beispielsweise durch Verweben von Monofilamenten bzw. Endlosgarnen aus E-Glas oder Quarzglas hergestellt ist. Solch ein Band wird in Ringform auf die erste Quarzglasröhre oder die rohrförmige keramische Heizeinrichtung an Stellen nahe von deren Enden aufgewickelt und die rohrförmige keramische Heizeinrichtung oder die zweite Quarzglasröhre an die zuvor erwähnte erste Quarzglasröhre oder die rohrförmige keramische Heizeinrichtung an einer Position außerhalb des Bands eingeäfftet bzw. angesetzt. Die Abstandhalter bewirken die Funktionen, daß der Abstand zwischen der Oberfläche der jeweiligen Quarzglasröhren und der Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung auf einem vorbestimmten und gleichförmigen Wert gehalten werden kann, wobei Bewegungsverschiebungen der Röhren aufgrund einer thermischen Ausdehnungsdifferenz absorbiert werden können, daß eine partielle Überheizung oder eine ungleichmäßige Temperaturverteilung oder eine durch ungleichmäßige Wärmeübertragung hervorgerufene teilweise Siedeerscheinung der aufzuheizenden Flüssigkeit vermieden werden kann und daß die Beständigkeit bzw. Lebensdauer der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung aufrechterhalten werden kann.

Die erfundungsgemäße Flüssigkeitsheizeinrichtung besitzt die durch die Quarzglasröhren isolierten Strömungspfade für die aufzuheizende Flüssigkeit an der Innenseite und der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung. Demgemäß kann eine gleichzeitige Aufheizung unterschiedlicher Arten von aufzuheizenden Flüssigkeiten durch die Flüssigkeitsheizein-

richtung mit einfachem Aufbau durchgeführt werden, indem die unterschiedlichen Flüssigkeitsarten den Strömungspfaden separat zugeführt werden.

Eine Flüssigkeitsheizeinrichtung mit einer großen 5 Heizkapazität kann durch Verbinden mehrerer der vorgenannten Flüssigkeitsheizeinrichtungen in Serie oder parallel erhalten werden.

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel 10 der Erfindung ist der Temperatursensor ein umhülltes Thermoelement, das sich in einer engen Quarzglasröhre erstreckt, die in einer Richtung rechtwinklig zu der Achse der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung so angeordnet ist, daß sie die Wände der zweiten und der dritten Quarzglasröhre sowie den Strömungspfad, die 15 außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung vorgesehen sind, durchdringt, wobei das freie Ende des umhüllten Thermoelements in eine in der Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung ausgebildete Höhlung eingefügt oder eingesetzt ist.

20 Als Temperaturfühler zur Messung der Temperatur der auf ungefähr 600°C aufgeheizten rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung ist das umhüllte Thermoelement leicht zu benutzen und zweckmäßig. Wenn ein relativ dünnes umhülltes Thermoelement verwendet wird, kann es in einen schmalen Spalt eingesetzt werden. Allerdings sind die Spalte bzw. Zwischenräume zwischen den Oberflächen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und den Oberflächen der ersten und der zweiten Quarzglasröhre klein. Wenn das umhüllte 25 Thermoelement in einen dieser Spalte eingesetzt ist, ist es schwierig, den Spalt gleichmäßig zu halten.

Um eine solche Schwierigkeit zu vermeiden, ist beispielsweise eine dünne Röhre aus Quarzglas integral bzw. einstückig mit der zweiten und der dritten Quarzglasröhre ausgebildet, derart, daß die Wände der zweiten und der dritten Quarzglasröhre, die den äußeren Strömungspfad umgeben, und der außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung gebildete Strömungspfad aus bzw. in einer Richtung rechtwinklig zur 30 Mittelachse der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung durchdrungen werden, und ein umhülltes Thermoelement ist so eingesetzt, daß es durch die dünne Röhre verläuft, wobei das freie Ende des umhüllten Thermoelements in eine in der Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung, vorzugsweise an einer Position im oder nahe beim zentralen Abschnitt ausgebildete Höhlung eingeführt ist bzw. in diese hineinragt.

35 Die Verwendung der Quarzglasröhre erleichtert die Feinbearbeitung der Glasröhren. Weiterhin ist es einfach, den Spalt zwischen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und den Quarzglasröhren klein und gleichmäßig zu halten, und es ist ferner einfach, die Festigung und den Austausch des Temperatursensors durch Anordnung des umhüllten Thermoelements in einem derartigen Zustand durchzuführen.

40 Bei einem anderen bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die aufzuheizende Flüssigkeit gereinigtes Wasser. Das gereinigte Wasser (oder hochreines bzw. ultrareines Wasser) ist künstlich gereinigtes Wasser oder Wasser, das durch chemische oder physikalische Mittel stark gereinigt ist. Als aktuelle Reinigungsmittel bzw. -methoden existieren Destillation, Ionenaustausch, Adsorption mit Aktivkohle, Filterung mittels einer Membran, usw.

45 Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Beispiele erläutert, ohne aber auf diese Beispiele beschränkt zu sein.

Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer Flüssigkeitsheizeinrichtung 1, die zur Aufheizung einer einzigen Art von Flüssigkeit eingesetzt wird. Eine röhrenförmige oder rohrförmige keramische Heizeinrichtung 4 wird durch die nachfolgend beschriebenen Verfahrensschritte gebildet. Zu einem Metalloxid, das aus einer Mischung aus Borsilikatglas und "KIBUSHI"-Ton oder -Lehm, der 28 Gew.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 67 Gew.-%  $\text{SiO}_2$ , 5 Gew.-%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und andere Verunreinigungen enthält, besteht, wird Siliciumpulver zum Erzielen einer Mischung derart hinzugefügt, daß der freie Siliciumgehalt 35 Gew.-% beträgt, wonach Methylzellulose als Binder hinzugesetzt wird. Weiterhin wird Wasser zur Mischung hinzugesetzt, um eine durchgeknetete Charge zu bereiten. Die durchgeknetete Charge wird zu einer Röhrenform extrudiert. Die hierdurch erhaltene Röhre wird getrocknet und geschnitten, wonach eine Sinterung bei 1350°C für vier Stunden in einer reduzierenden Atmosphäre folgt. Da das Metalloxid eine gewisse Menge an Eisen enthalten kann, kann Ferrosilicium als Siliciumpulver verwendet werden.

Ein innerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung gebildeter Strömungspfad 2 ist durch eine erste Quarzglasröhre 5 umgeben, während ein außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung befindlicher Strömungspfad 3 zwischen einer zweiten Quarzglasröhre 6 und einer dritten Quarzglasröhre 7 gebildet ist.

Da die Flüssigkeitsheizeinrichtung so aufgebaut ist, daß von der erhitzenen rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung ausgehende Infrarotstrahlen durch die Wände der Quarzglasröhren hindurchdringen und die in den Strömungspfaden 2, 3 fließende, aufzuheizende Flüssigkeit erreichen, kann eine verhältnismäßig gute Wärmeübertragung erreicht werden, auch wenn die rohrförmige keramische Heizeinrichtung sich nicht in Berührung mit den Quarzglasröhren befindet, vorausgesetzt, daß die aufzuheizende Flüssigkeit die Fähigkeit zur Absorbierung von Infrarotstrahlen besitzt.

Ein dünner Quarzglasstab 13 ist spiralförmig um den Umfang der gerade außerhalb bzw. direkt an der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordneten zweiten Quarzglasröhre 6 gewickelt, so daß die aufzuheizende Flüssigkeit spiralförmig im Strömungspfad 3 geführt wird. Darüber hinaus sind der innenseitig gebildete Strömungspfad 2 und der außenseitige Strömungspfad miteinander mittels einer Verbindungsrohre 14 verbunden.

Die Flüssigkeitsheizeinrichtung wird vorzugsweise durch Kombinieren der Quarzglasröhren im ersten Schritt und anschließendes Einführen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zusammengebaut, wobei die Teile separat vorbereitet wurden. Es ist jedoch auch möglich, im ersten Schritt die Quarzglasröhren in das Innere und das Äußere der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung einzuführen und danach die Quarzglasröhren mittels einer Verbindungsrohre zu verbinden.

Die Flüssigkeitsheizeinrichtung mit dem vorstehend angegebenen Aufbau wurde als Beispiel zur Aufheizung von gereinigtem Wasser verwendet, wobei eine rohrförmige keramische Heizeinrichtung, die einen Außen-durchmesser von 20 mm, einen Innendurchmesser von 14 mm, eine Länge von 300 mm und eine Heizleistung von 10 kW bei Anlegen einer Spannung von 200 besaß, eingesetzt wurde. Wenn gereinigtes Wasser mit einer Rate von 10 l/min über einen Einlaßanschluß bzw. eine

Einlaßöffnung 9 in den außenseitigen Strömungspfad 3 und anschließend in den innenseitigen Strömungspfad 2 eingeführt würde, wurde das Wasser mit einer Temperatur von 30°C auf eine Temperatur von 44,1°C aufgeheizt. Die effektive thermische Effizienz bzw. der effektive thermische Wirkungsgrad betrug mehr als 98%. In diesem Fall konnte keine Verunreinigung bzw. Kontamination des gereinigten Wassers durch das die Strömungspfade bildende Material erfaßt werden.

In Fig. 2 ist eine Querschnittsdarstellung eines Ausführungsbeispiels der erfundungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung gezeigt, die zum Aufheizen von hoch- bzw. höchstgereinigtem Wasser eingesetzt wurde, das zum Waschen von Zwischenprodukten bei Herstellungsprozessen für elektronikbezogene Artikel wie etwa Halbleitergeräte bzw. -bauelemente verwendet wird.

Die rohrförmige keramische Heizeinrichtung 1 besteht aus demselben Material wie diejenige beim Beispiel 1, während die innerhalb und außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung gebildeten Strömungspfade 2, 3 für die aufzuheizende Flüssigkeit vollständig durch sehr reines Quarzglas umgeben sind, das schädliche bzw. störende Verunreinigungen in einem Pegel bzw. einer Größe von 1 ppm enthält. Die Dicke der Wand jeder Quarzglasröhre liegt im Bereich von 1,5 mm bis 2 mm. Der Unterschied gegenüber dem Beispiel 1 besteht darin, daß der Durchmesser der ersten, innerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 angeordneten Quarzglasröhre 5 größer ausgelegt ist, so daß die Wärmeübertragungsfläche um einen Betrag vergrößert ist, der dem größeren Durchmesser entspricht. Wenn die aufzuheizende Flüssigkeit in den kreisförmigen Querschnitt besitzenden Strömungspfad der ersten Quarzglasröhre mit größerem Durchmesser eingeführt bzw. darin strömt, wird allerdings die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit niedrig, wodurch die Wärmeübertragung zwischen der aufzuheizenden Flüssigkeit und der ersten Quarzglasröhre 5 gering wird und es schwierig ist, die Wärme auf die aufzuheizende Flüssigkeit zu übertragen. Um den vorstehend angegebenen Nachteil zu beseitigen, ist ein Kernrohr bzw. eine zentrale Röhre 16, das bzw. die aus einer hohlen Quarzglasröhre mit einem Endbereich, um den herum ein Flügelrad 17 befestigt ist, besteht, im Inneren der ersten Quarzglasröhre 5 eingesetzt, so daß die Querschnittsfläche des Strömungspfads 2 verkleinert ist, und sich jedes Ende der Flügelradblätter bzw. -schaufeln in Berührung mit der Innenseite der ersten Quarzglasröhre 5 befindet. Somit stützt das Flügelrad 17 das Kernrohr 6 ab, so daß die Dicke des Strömungspfads 2 mit ringförmiger Querschnittsfläche nicht aufgrund einer Ablenkung bzw. eines Versatzes des Kernrohrs 16 ungleichmäßig wird, oder das Kernrohr 16 durch die Druckkraft der Strömung der aufzuheizenden Flüssigkeit nicht bewegt wird.

Bei diesem Ausführungsbeispiel beträgt die Anzahl der Blätter bzw. Schaufeln des Laufrads drei und es ist jedes Blatt bzw. jede Schaufel spiralförmig geneigt. Dementsprechend wird der im Strömungspfad fließenden Flüssigkeit eine Rotationskraft erteilt und es kann die Reynolds-Zahl durch die Beschleunigung der Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit leicht auf über 3000 erhöht werden, wodurch die Wärmeübertragung weiter erhöht wird. In Fig. 2 ist die End- bzw. Stirnfläche des

Kernrohrs 16 auf der Seite des Flügelrads 17 so geformt, daß sie eine halbkugelige Gestalt besitzt, um die Strömung der aufzuheizenden Flüssigkeit zu vergleichmäßigen und den Strömungswiderstand zu reduzieren.

Folglich ist eine Flüssigkeitsheizeinrichtung mit großer Heizleistung erzielbar, bei der der Innendurchmesser des Strömungspfads 3 durch Vergrößerung des Außendurchmessers des Strömungspfads 2 groß ausgelegt ist, wodurch sich der Außendurchmesser der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung und somit auch der Wärmeübertragungs-Oberflächenbereich vergrößert.

Am Außenumfang an Positionen nahe der beiden Enden der ersten Quarzglasröhre 5 sind Abstandshalter 21 befestigt, die durch Wickeln von Bändern, die eine Breite von 10 mm haben und durch Verweben von Quarzglas-Monofilamenten vorbereitet bzw. hergestellt sind, gebildet sind. Die rohrförmige keramische Heizeinrichtung 4 ist an die Außenseite der Abstandhalter 21 angepaßt bzw. mit diesen zusammengefügt. Der Abstand zwischen der Innenoberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 und der Außenoberfläche der ersten Quarzglasröhre 5 ist durch die Abstandhalter 21 gleichmäßig gehalten und besitzt eine Dimension bzw. Abmessung von ungefähr 0,5 mm.

Die Abmessungen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung betragen 40 mm Außendurchmesser, 32 mm Innendurchmesser und 600 mm Länge. Ein Elektrodenbereich mit einer Länge von 50 mm, der im wesentlichen keine Wärme erzeugt, ist an jedem Ende der Heizeinrichtung derart ausgebildet, daß er von jeder End- bzw. Stirnkante des Strömungspfads 3 5 mm nach innen reicht. Zuführungsdrähte 12 sind zwischen die Elektrodenbereiche und eine nicht gezeigte Spannungs- oder Stromquelle geschaltet.

Wie in der vergrößerten Darstellung gemäß Fig. 3 gezeigt, ist am zentralen Bereich der zweiten Quarzglasröhre 6 und der dritten Quarzglasröhre 7 eine dünne Quarzglasröhre 22 derart angeordnet, daß sie den außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 gebildeten Strömungspfad 3 durchsetzt. Ein Temperatursensor bzw. -fühler 23, der aus einem umhüllten Thermoelement besteht, ist in das Innere der dünnen Röhre 22 eingesetzt, wobei das freie Ende des Temperatursensors 23 in Form eines umhüllten Thermoelements in einer Ausnehmung bzw. Höhlung oder Hohlraum 24 ruht, die bzw. der in der Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 ausgebildet ist.

Die Flüssigkeitsheizeinrichtung mit dem vorstehend angegebenen Aufbau ermöglicht eine direkte Erfassung der Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 über den Temperaturfühler 23 und steuert die Oberflächentemperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zuverlässig derart, daß die Temperatur, bei der eine Entglasung des Quarzglases auftritt, nicht überschritten wird.

Die Aufheizung des gereinigten Wassers wurde unter Verwendung einer Flüssigkeitsheizeinrichtung versucht bzw. getestet, bei der eine rohrförmige keramische Heizeinrichtung 4 mit einer Heizleistung von 6 kW bei Anlegen einer Spannung von 200 V eingesetzt wurde. Wenn gereinigtes Wasser mit einer Temperatur von 20°C über den Anschluß bzw. die Öffnung 11 mit einer Durchfluß- oder Strömungsrate von 10 l/min eingeführt wurde, betrug die Temperatur des gereinigten Wassers am Auslaß 9 28,5°C. Der effektive thermische Wirkungsgrad in diesem Fall lag bei über 98%. Die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4 im Betrieb lag bei 460°C und die Temperatur des Elek-

trodenbereichs der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung bei ungefähr 80°C.

Eine Untersuchung der Kontamination des gereinigten, am Auslaß 9 abgegebenen Wassers ergab, daß 5 keine Verunreinigungen eingetragen wurden.

### Beispiel 3

In Fig. 4 ist ein Diagramm gezeigt, das ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung veranschaulicht, das zur Reservierung oder Aufrechterhaltung der Temperatur einer Entwicklerflüssigkeit und einer Fixierflüssigkeit für fotografische Zwecke eingesetzt wurde.

In Fig. 4 ist mit dem Bezugssymbol 1 ein Hauptteil der Flüssigkeitsheizeinrichtung bezeichnet, während das Bezugssymbol 31 Pumpen, das Bezugssymbol 33 einen Entwicklerflüssigkeitsbehälter, das Bezugssymbol 34 einen Fixierflüssigkeitsbehälter und das Bezugssymbol 35 Durchflußratensteuerungen zur Steuerung der Drehzahl der Pumpen bezeichnet.

Bei diesem Ausführungsbeispiel werden die Entwicklerflüssigkeit und die Fixierflüssigkeit gleichzeitig in der einzigen Flüssigkeitsheizeinrichtung mit einfacherem Aufbau ohne gegenseitige Vermischung aufgeheizt. Die Temperatur der Flüssigkeiten wird mittels Temperatursensoren erfaßt, die an dem Entwicklerflüssigkeitsbehälter 33 und dem Fixierflüssigkeitsbehälter 34 angebracht sind. Jede Drehzahl der Pumpe oder Pumpen 31 wird durch jede bzw. eine jeweilige Durchflußratensteuerung 35 geregelt und die der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung zuzuführende elektrische Leistung über ein nicht gezeigtes Leistungssteuersystem eingestellt, wodurch die Temperaturen der Entwicklerflüssigkeit und der Fixierflüssigkeit auf vorbestimmte Temperaturwerte eingestellt bzw. geregelt werden.

Die Abmessungen der verwendeten rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung betragen 15 mm Außendurchmesser, 9 mm Innendurchmesser und 10 mm Länge und diese wird in folgender Weise hergestellt. Siliciumpulver wird zu einer Metalloxidpulver-Mischung aus Alkali-Feldspat (alkali feldspat) und Lehm bzw. Ton mit 62 Gewichtsprozent Silica, 35 Gewichtsprozent Aluminiumoxid und 3 Gewichtsprozent anderer Oxide derart hinzugesetzt, daß der Anteil an freiem Silicium 20 Gewichtsprozent beträgt. Weiterhin wurde Methylzellulose als Bindemittel und Wasser hinzugefügt und die Mischung geknetet. Die geknetete Masse wurde extrudiert und getrocknet. Danach wurde das getrocknete Produkt für 4 Stunden bei 1350°C gesintert.

Wenn die rohrförmige keramische Heizeinrichtung, die bei Verbindung mit einer 100 V Wechselspannungsquelle eine Heizleistung von 300 W besaß, bei der Flüssigkeitsheizeinrichtung eingesetzt wurde, konnte die Einrichtung ungefähr 1 l Entwicklerflüssigkeit und ungefähr 1 l Fixierflüssigkeit, die in ihren Behältern bei einer beliebigen Raumtemperatur gespeichert werden, bei jeweils 35°C funktionell bzw. funktionszuverlässig halten. Diese Flüssigkeitsheizeinrichtung kann für eine Entwicklerflüssigkeit und eine Fixierflüssigkeit für einen Lack (resist), wie er bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen eingesetzt wird, verwendet werden.

### Beispiel 4

Fig. 5 zeigt ein Diagramm, in dem ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Flüssigkeitsheizeinrichtung veranschaulicht ist, das zum Aufheizen von ge-

reinigtem Wasser für das Waschen von Zwischenprodukten von Halbleiterbauelementen eingesetzt wird.

In Fig. 5 bezeichnen die Bezugszeichen 1 Hauptteile der Flüssigkeitsheizeinrichtungen, das Bezugszeichen 15 eine Spannungs- oder Stromquelle, das Bezugszeichen 23, 28, 29 Temperaturfühler, das Bezugszeichen 30 einen Steuercomputer, das Bezugszeichen 31 eine Pumpe, das Bezugszeichen 35 eine Durchflußratensteuerung, das Bezugszeichen 36 eine Leistungssteuerung, das Bezugszeichen 37 einen Tank für gereinigtes Wasser, das Bezugszeichen 38 einen Durchflußratenfühler bzw. -sensor, das Bezugszeichen 39 eine Auslaßöffnung bzw. einen Auslaßanschluß und das Bezugszeichen 40 eine Röhre.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das bei Raumtemperatur in dem Tank 7 für gereinigtes Wasser gespeicherte gereinigte Wasser über den Durchflußraten-sensor 38 mittels der Pumpe 31 zu zwei Flüssigkeitsheizeinrichtungen 1 zugeführt, die in Reihe geschaltet sind. Die Temperatur des gereinigten Wassers wird in den Einrichtungen auf eine vorbestimmte Temperatur erhöht. Danach wird das aufgeheizte Wasser über den Auslaßanschluß 39 abgegeben. In diesem speziellen Fall wird die Durchflußrate des in den Strömungspfaden fließenden gereinigten Wassers über den Durchflußraten-sensor 38 erfaßt, so daß die Durchflußrate auf einen gewünschten Pegel bzw. Wert gesteuert wird.

Die Temperatur des gereinigten Wassers in dem Tank für das gereinigte Wasser wird durch den Temperatur-sensor 28 erfaßt, dessen Temperatursignal als Daten im Speicher des Steuercomputers 30 gespeichert wird.

Wenn das gereinigte Wasser zu fließen beginnt, wird ein Durchflußraten-signal eines an dem Zufuhrrohr der Zuführleitung 11 angebrachten Durchflußsensors 38 in den Steuercomputer 30 eingegeben; elektrische Spannung bzw. elektrischer Strom wird an die rohrförmigen keramischen Heizeinrichtungen auf der Basis eines Signals vom Steuercomputer 30 angelegt; die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtungen der Flüssigkeitsheizeinrichtungen werden über die Temperatursensoren 23 erfaßt, und die von den Temperatursensoren 23 abgegebenen Temperatursignale werden gleichfalls als Daten im Speicher des Steuercomputers gespeichert. Weiterhin ist ein Temperatursensor 28 an dem Rohr bzw. der Leitung 40 zwischen den Flüssigkeitsheizeinrichtungen angebracht und ein Temperatursensor 29 am Auslaßanschluß 39 für den Auslaß des aufgeheizten Wassers angeordnet, wobei die Temperatursignale dem Steuercomputer zugeführt werden und im Speicher als Daten gespeichert werden. Diese Daten können bei Bedarf auf eine Sichtanzeige des Steuercomputers angezeigt werden.

Der Steuercomputer bestimmt aufrechtzuerhaltende Temperaturen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtungen der Flüssigkeitsheizeinrichtungen auf der Grundlage der gesammelten Daten in Übereinstimmung mit einem vorab im Speicher gespeicherten Steuerprogramm, wodurch die von der Leistungssteuerung 36 zuzuführenden elektrischen Spannungen bzw. Ströme derart gesteuert werden, daß die rohrförmigen keramischen Heizeinrichtungen die vorbestimmten Temperaturen beibehalten.

Folglich kann durch Steuerung der Temperaturen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtungen der Flüssigkeitsheizeinrichtungen die Temperatur des am Auslaßanschluß 39 abgegebenen gereinigten Wassers rasch auf eine gewünschte Temperatur gesteuert werden.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind zwei

Flüssigkeitsheizeinrichtungen in Reihe verbunden. Je-doch kann auch eine größere Anzahl von Flüssigkeits-heizeinrichtungen in Reihe geschaltet sein, so daß die Heizleistung erhöht ist.

5 Eine Flüssigkeitsheizeinrichtung mit einer großen Heizkapazität wurde durch serielle Verbindung von acht Flüssigkeitsheizeinrichtungen mit denselben Spezi-fikationen bzw. Daten wie diejenige gemäß Beispiel 2 aufgebaut und gereinigtes Wasser mit einer Temperatur von 20°C in die verbundene Flüssigkeitsheizeinrichtung mit einer Strömungsrate von 10 l/min eingeführt. Als Ergebnis konnte die Temperatur des am Auslaßanschluß 39 abgegebenen gereinigten Wassers mit einer Toleranz von  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  bei 80°C gehalten werden. In die-15 sem Fall wurde ein Steuerprogramm zum derartigen Steuern der Aufheizung des gereinigten Wassers erstellt, daß die Temperatur jeder rohrförmigen kerami-schen Heizeinrichtung bei ungefähr 460°C gehalten wurde, so daß keine großen Unterschiede zwischen den20 keramischen Heizeinrichtungen der acht Flüssigkeits-heizeinrichtungen auftraten, wobei die Feineinstellung der Temperatur des gereinigten Wassers bei der in der letzten Stufe angeordneten Flüssigkeitsheizeinrichtung erfolgte. Bei dem vorstehend angegebenen Ausfüh-25 rungsbeispiel wurde eine durchschnittliche elektrische Leistung von 43 kW benötigt und der effektive thermische Wirkungsgrad betrug 97,3%. Eine Überprüfung der Verunreinigung im aufgeheizten, an dem Auslaßanschluß 39 abgegebenen gereinigten Wasser wurde30 durchgeführt und ergab keine Einführung von Kontami-nierungen.

#### Vergleichsbeispiel

35 In Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht eines Ver-gleichsbeispiels einer Flüssigkeitsheizeinrichtung 1 ge-zeigt, die eine rohrförmige keramische Heizeinrichtung 4 umfaßt, die aus einem Material hergestellt ist, das 20 Gewichtsprozent Silicium und 80 Gewichtsprozent ei-40 nes Metalloxids mit Silica und Aluminiumoxid als Hauptkomponenten enthält. Die Flüssigkeitsheizeinrichtung weist weiterhin eine Röhre 25 auf, die aus Poly-tetrafluorethenen, die koaxial mit und etwas beabstandet von der Röhre 26 angeordnet ist, sowie Leitungsdrähte 12, die mit Elektrodenbereichen in der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung verbunden sind. Hierbei bilden die Röhren 26, 27 einen Strömungspfad 3 außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung 4. In Fig. 6 bezeichnen die Bezugszeichen 10 und 11 Ein-laß- bzw. Auslaßanschlüsse für den Strömungspfad 2 und die Bezugszeichen 8 und 9 Einlaß- bzw. Auslaßan-schlüsse für den Strömungspfad 3.

55 Die Flüssigkeitsheizeinrichtung mit dem vorstehend angegebenen Aufbau ist zur Aufheizung unterschiedli-cher Arten von Flüssigkeit einschließlich Flußsäure ver-wendbar, jedoch war es schwierig, eine Flüssigkeitsheiz-einrichtung mit großer Heizleistung herzustellen, da die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizein-richtung 4 nicht über 300°C angehoben werden konnte.60 Weiterhin war die Flüssigkeitsheizeinrichtung mit dem vorstehend angegebenen Aufbau nicht geeignet zur Aufheizung von gereinigtem Wasser, insbesondere für dessen Aufheizung auf erhöhte Temperatur, da eine kleine Menge an organischen Materialien und kleinen Partikeln in das gereinigte Wasser eingetragen wurde.

65 In Übereinstimmung mit vorliegender Erfindung kann eine Flüssigkeitsheizeinrichtung bereitgestellt werden, die frei von Kontamination der aufzuheizenden

Flüssigkeit ist, kompakte Gestalt und hohe Heizleistung besitzt, verhältnismäßig einfachen Aufbau unter Bereitstellung hoher thermischer Wirksamkeit bzw. hohen thermischen Wirkungsgrad hat, zur gleichzeitigen Aufheizung mehrerer Arten von Flüssigkeiten für spezifische Zwecke geeignet ist und im wesentlichen keine Wartezeit erfordert. Diese Effekte werden erzielt, da Quarzglasröhren als Wandmaterial für die Strömungspfade verwendet werden und die Wärme von der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung, die eine große Menge an Infrarotstrahlen abstrahlt, zur aufzuheizenden Flüssigkeit übertragen wird. Hierbei findet eine Wärmeübertragung statt, die effektiv sowohl die Wärmeleitung als auch die Strahlungswärmeübertragung heranzieht. Die Flüssigkeitsheizeinrichtung ist zur kontinuierlichen Aufheizung gereinigten Wassers geeignet, wie es zur Herstellung von elektronikbezogenen Produkten eingesetzt wird, und ist in breitem Umfang in der Industrie einsetzbar.

20

## Patentansprüche

1. Flüssigkeitsheizeinrichtung mit einer nach dem Prinzip der elektrischen Widerstandsheizung arbeitenden keramischen Heizeinrichtung (4) mit rohrförmiger Gestalt, einem ersten und einem zweiten Strömungspfad (2, 3) zum Führen von aufzuheizender Flüssigkeit, die nahe der Innenseite bzw. der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) ausgebildet sind und von denen der erste Strömungspfad für die Flüssigkeit durch eine erste Quarzglasröhre (5), die koaxial innerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) angeordnet ist, umgeben ist und der zweite Strömungspfad (3) für die Flüssigkeit zwischen einer zweiten und einer dritten Quarzglasröhre (6, 7), die koaxial außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) angeordnet sind, gebildet ist.
2. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) freies Silicium und ein Metalloxid, das Aluminiumoxid und Silica als Hauptkomponenten enthält, aufweist, wobei der Gehalt an freiem Silicium im Material in einem Bereich von 5 bis 50 Gewichtsprozent liegt.
3. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Temperaturregelung der aufzuheizenden Flüssigkeit durch Steuerung der elektrischen Leistung mittels eines Steuerabschnitts durchgeführt wird, der derart arbeitet, daß die Temperatur der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) bei einer gewünschten erhöhten Temperatur der Flüssigkeit entsprechenden vorbestimmten Temperatur in Abhängigkeit von Temperatursignalen von einem am Einlaßabschnitt der Flüssigkeit angebrachten ersten Temperatursensor und von einem an der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angebrachten zweiten Temperatursensor sowie in Abhängigkeit von einem Durchflußratensignal eines an einem Zufuhrrohr der Flüssigkeit angeordneten Strömungs- oder Durchflußsensors gehalten wird.
4. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein hohles Kernrohr (16) aus Quarzglas in die innerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) angeordnete erste Quarzglasröhre (5) eingesetzt ist, und daß ein Flügelrad (17) am Umfang des

Kernrohrs (16) an einer Position nahe seines stromaufseitigen Endes des Strömungspfads für die aufzuheizende Flüssigkeit befestigt ist, wobei die freien Enden der Blätter des Flügelrads (17) sich in Berührung mit der Innenwandoberfläche der ersten Quarzglasröhre (5) befinden, derart, daß das Kernrohr (16) koaxial innerhalb der ersten Quarzglasröhre (5) angeordnet ist.

5. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen den Oberflächen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) und beiden Oberflächen der ersten und zweiten Quarzglasröhre (5, 6), die benachbart zur Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung angeordnet sind, 1,2 mm oder weniger beträgt.

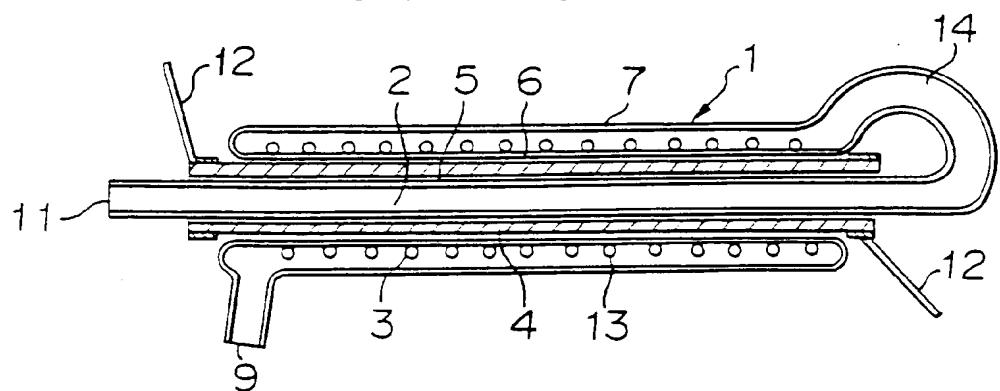
6. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die an der Innenseite und der Außenseite der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) gebildeten Strömungspfade (2, 3) über ein Verbindungsrohr oder eine Verbindungsleitung (14) miteinander in Reihe verbunden sind.

7. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Abstandshalter (21) zwischen der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) und der ersten oder der zweiten Quarzglasröhre (5, 6) an Positionen nahe den beiden Enden der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) angeordnet sind, daß die Länge in der Axialrichtung des Wärmeerzeugungsabschnitts der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) kürzer ist als die Länge des außenseitigen Strömungspfads für die Flüssigkeit in derselben Richtung, daß der Wärmeerzeugungsabschnitt der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung vollständig durch den Strömungspfad für die Flüssigkeit umgeben ist, und daß die Abstandshalter (21) derart angeordnet sind, daß sie nicht mit dem Wärmeerzeugungsabschnitt, der an einem mittleren Bereich der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung ausgebildet ist, überlappen.

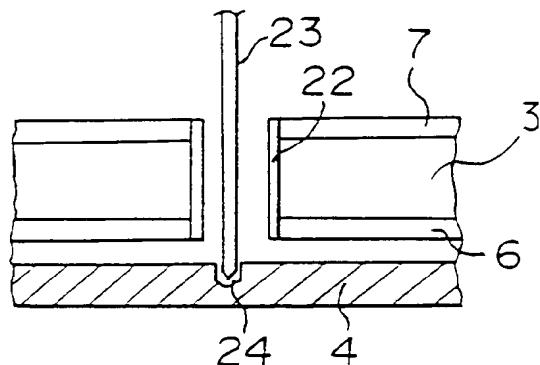
8. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Temperatursensor ein umhülltes Thermoelement ist, das sich in einer engen Röhre aus Quarzglas erstreckt und dessen freies Ende in einer in der äußeren Oberfläche der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung (4) ausgebildeten Höhlung (24) eingesetzt ist, daß sich die enge Röhre aus Quarzglas derart erstreckt, daß sie die zweite und dritte Quarzglasröhre, die den außerhalb der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung gebildeten zweiten Strömungspfad umgeben, und den zwischen der zweiten und der dritten Quarzglasröhre ausgebildeten zweiten Strömungspfad in einer Richtung senkrecht zur Achse der rohrförmigen keramischen Heizeinrichtung durchdringt, und daß die enge Röhre integral mit der zweiten und der dritten Quarzglasröhre verbunden ist.

9. Flüssigkeitsheizeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aufzuheizende Flüssigkeit gereinigtes Wasser ist.

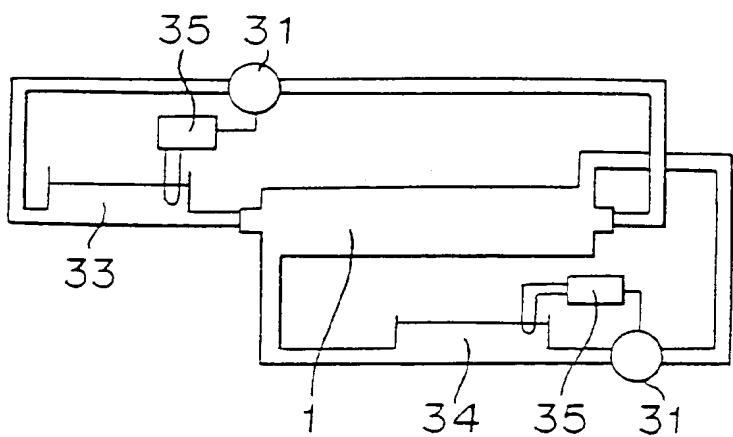
## FIGUR 1



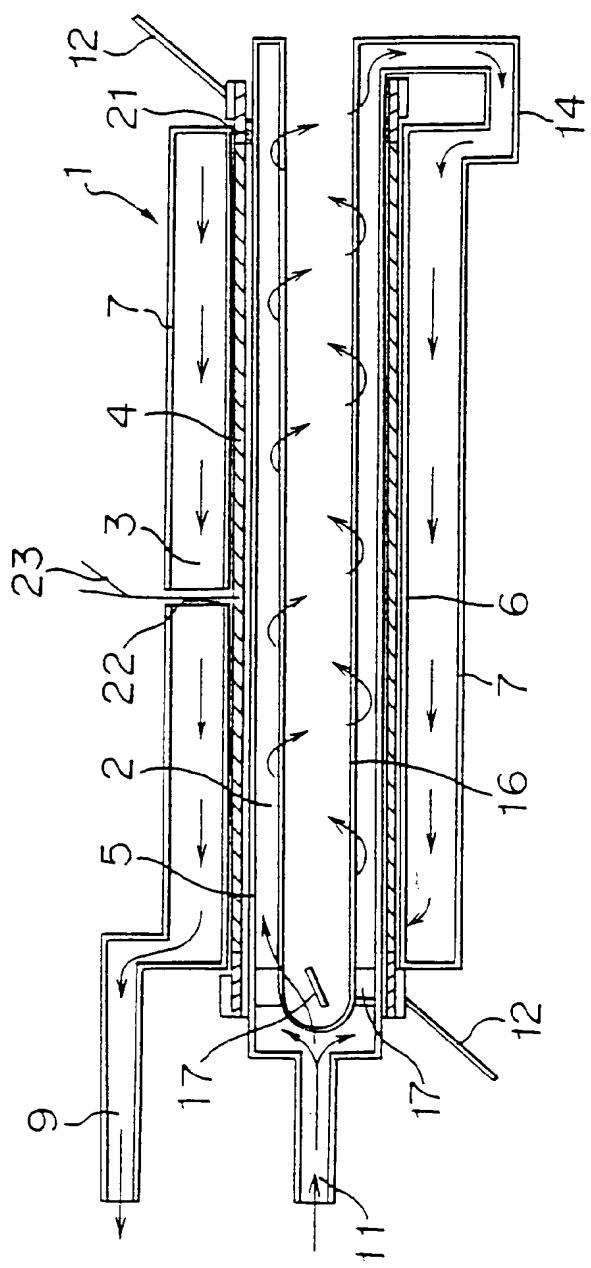
## FIGUR 3



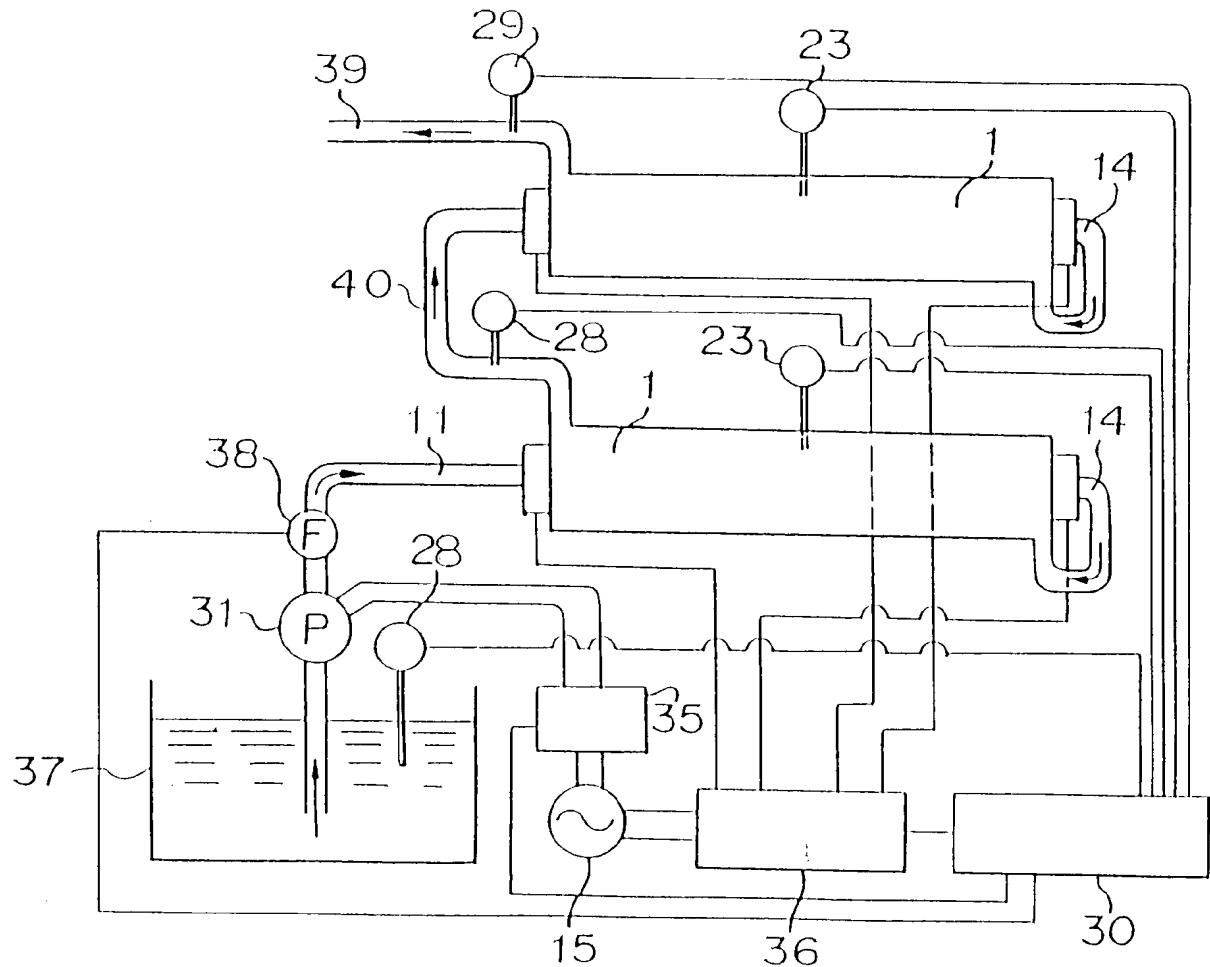
## FIGUR 4



## FIGUR 2



## FIGUR 5



FIGUR 6

